

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In Re Application of: Lai et al.

Group Art Unit: Unassigned

Serial No.: Unassigned

Examiner: Unassigned

Filed: June 23, 2003

Docket No. 252208-1030

For: **Light-Emitting Device With Reduced Lattice Mismatch**

**CLAIM OF PRIORITY TO AND**  
**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF REPUBLIC OF CHINA APPLICATION**  
**PURSUANT TO 35 U.S.C. §119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

In regard to the above-identified pending patent application and in accordance with 35 U.S.C. §119, Applicants hereby claim priority to and the benefit of the filing date of Republic of China patent application entitled, "Light-Emitting Device With Reduced Lattice Mismatch", filed December 13, 2002, and assigned serial number 91136160. Further pursuant to 35 U.S.C. §119, enclosed is a certified copy of the Republic of China patent application

Respectfully Submitted,

**THOMAS, KAYDEN, HORSTEMEYER  
& RISLEY, L.L.P.**

By:



**Daniel R. McClure, Reg. No. 38,962**

100 Galleria Parkway, Suite 1750  
Atlanta, Georgia 30339  
770-933-9500



中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE  
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS  
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，  
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this  
office of the application as originally filed which is identified hereunder：

申請 日：西元 2002 年 12 月 13 日  
Application Date

申請 案 號：091136160  
Application No.

申請 人：威凱科技股份有限公司  
Applicant(s)

局 長  
Director General

蔡 練 生

發文日期：西元 2003 年 1 月 28 日  
Issue Date

發文字號：09220087700  
Serial No.

申請日期：	案號：
類別：	

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書

一、 發明名稱	中 文	高晶格匹配性之發光元件
	英 文	
二、 發明人	姓 名 (中文)	1. 賴穆人 2. 章炯煜
	姓 名 (英文)	1. 2.
	國 籍	1. 中華民國 2. 中華民國
	住、居所	1. 桃園縣中壢市龍門街173巷6弄22號 2. 新竹科學工業園區新竹市工業東四路34號
三、 申請人	姓 名 (名稱) (中文)	1. 威凱科技股份有限公司
	姓 名 (名稱) (英文)	1.
	國 籍	1. 中華民國
	住、居所 (事務所)	1. 新竹科學工業園區新竹市工業東四路34號2樓
	代表人 姓 名 (中文)	1. 郭智輝
	代表人 姓 名 (英文)	1.



四、中文發明摘要 (發明之名稱：高晶格匹配性之發光元件)

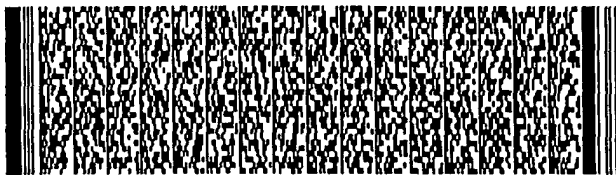
本發明揭露一種高晶格匹配性之發光元件。該發光元件係在一基底(如矽)上形成至少兩多層緩衝層如( $B_xGa_{(1-x)}$  P 化合物( $0.02 \leq x \leq 1$ ))及( $In_yGa_{(1-y)}N$  化合物( $0 \leq y \leq 0.059$ ))。其中第一層多層緩衝層，設置於上述基底上，依據基底之第一晶格常數呈現梯度變化為第二晶格常數；另一緩衝層，設置於上述第一層多層緩衝層上，亦依據上述第二晶格常數呈現梯度變化一第三晶格常數。

伍、(一)、本案代表圖為：第\_\_2\_\_圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

200~ 基板；	202~ 第一多層緩衝層；
204~ 第二多層緩衝層；	206~ 第一型束縛層；
208~ 活性層；	210~ 第二型束縛層；

英文發明摘要 (發明之名稱：)



四、中文發明摘要 (發明之名稱：高晶格匹配性之發光元件)

212~第二型電極；

214~第一型電極；

C1~第一晶格常數；

C2~第二晶格常數；

C3~第三晶格常數。

英文發明摘要 (發明之名稱：)



本案已向

國(地區)申請專利

申請日期

案號

主張優先權

無

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無

## 五、發明說明 (1)

### 【發明所屬之技術領域】

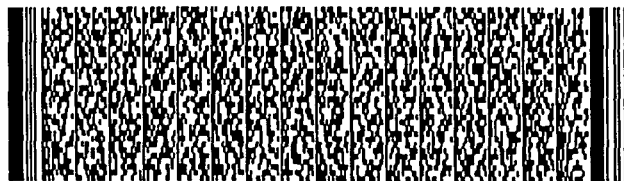
本發明係有關於一種發光元件，且特別是藉由至少兩層緩衝層如( $B_xGa_{(1-x)}P$  化合物( $0.02 \leq x \leq 1$ ))及( $In_yGa_{(1-y)}N$  化合物( $0 \leq y \leq 0.059$ ))來完本發明有關於一種具有高度晶格匹配(lattice match)之各磊晶層的發光元件。

### 【先前技術】

一般而言，半導體發光元件主要包括發光二極體(light emitting diode)與雷射二極體(laser diode)等兩種類型之發光元件。其所發出的光之波長可涵蓋紅外光、可見光以及紫外光。主要原理係由化學元素週期表上IIIA族與VA族，或由IIA族與VIA族元素混合形成之化合物半導體所構成。

目前的發光元件技術中，各磊晶層之晶格常數(lattice constant)不匹配的問題一直是造成發光元件之發光效率與使用壽命不易提升的瓶頸。以GaN為例，GaN是非常重要的寬能隙(wide bandgap)半導體材料，可以用來做綠光、藍光到紫外線的發光元件。但是因為塊材(bulk)GaN的成長一直有困難，所以目前GaN大多成長在以藍寶石(sapphire) GaP、InP、GaAs或SiC構成之基板上，直接成長在這些基板上的GaN品質不佳。

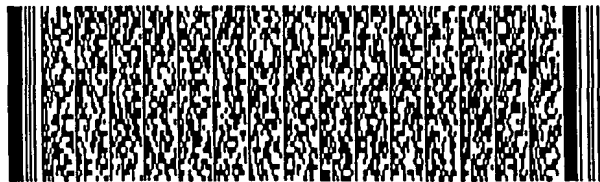
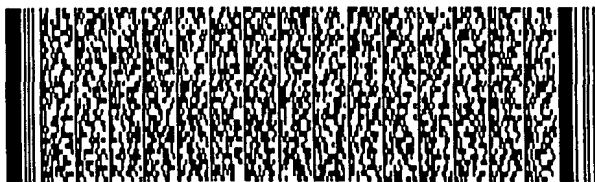
因此一種具有緩衝層(buffer layer)之發光元件被提出來。於基板與GaN之間形成一緩衝層，該緩衝層又稱晶核形成層(nucleation layer)，晶格常數與基板相近的緩衝層可以提供成核(nucleation)位置，以利GaN成核、成



## 五、發明說明 (2)

長，以形成相同的晶體結構，以提升GaN的結晶度。因此，緩衝層品質的優劣對後續束縛層(cladding layer)與第一型束縛層(active layer)之磊晶有關鍵性的影響，也間接影響到發光元件的性質。

請參照第1圖，簡單介紹具有緩衝層之發光元件，第1圖係顯示一習知之InGaN發光元件之結構剖面圖。該發光元件10係以絕緣之sapphire做為一基板100，在上述sapphire基板100之C{0001}面上磊晶製作發光元件。標號102係顯示一緩衝層，通常由氮化鎵(GaN)所構成，其主要作用在於降低基板100與後續磊晶層之間的晶格不匹配(lattice mismatch)。標號104則為經過摻雜之一第一型GaN磊晶層，以增加其導電性，且在其表面設置一具相同導電型態之第一型電極116。至於，標號106係顯示一第一束縛層(cladding layer)，係由六方最密堆積之氮化鎵(hexagonal GaN)所構成。標號108係顯示一第一型束縛層(active layer)，通常係由氮化鎵系半導體所構成，例如InGaN，是產生光源的區域。隨後，在上述第一型束縛層108表面再覆蓋一材質為GaN之第二型束縛層110，而經過摻雜之一第二型GaN磊晶層112則覆蓋於上述第二型束縛層110表面，且上述第二型GaN磊晶層112表面可設置一第二型電極114，兩者之導電型態相同。其中，為了提升導電性，上述緩衝層102與上述第一束縛層106可被摻雜成具有與上述第一型電極116、第一型GaN磊晶層104相同之導電型態，而上述第二型束縛層110可被摻雜成具有與上述第





## 五、發明說明 (3)

二型電極114、上述第二型GaN磊晶層112相同之導電型態。

然而，如上所述之發光元件10雖然採用了GaN做為緩衝層102，但是 sapphire 基板100與GaN緩衝層102之晶格常數仍相差約13.8%，晶格不匹配仍然相當大，因此在 sapphire 基底100與GaN 102之間的界面會有相當高密度的線缺陷(defect)產生，其差排(dislocation)密度約為 $10^8 \sim 10^{10}/\text{cm}^2$ ，一旦這些差排延伸進入第一型束縛層勢必會嚴重破壞元件的特性，使其發光效率降低且使用壽命縮短。因此，發光元件之各磊晶層晶格不匹配的問題急需更佳的改善效果。

有鑑於此，為了解決上述問題，本發明主要目的在於提供一種高晶格匹配性之發光元件，其各磊晶層之間的晶格匹配性極佳。

### 【發明內容】

本發明之另一目的在於提供一種高晶格匹配性之發光元件，以降低元件中各磊晶層之間的晶格不匹配(lattice mismatch)，提供具完美結晶度之發光元件。

本發明之另一目的在於提供一種高晶格匹配性之發光元件，以提升元件之發光效率。

本發明之特徵之一在於利用多層緩衝層(可包含第一多層緩衝層(如 $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$ 化合物)與第二多層緩衝層(如 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 化合物)設置於基底與第一型束縛層之間，且多層緩衝層之晶格常數呈現梯度變化，靠近基底的第一多層緩



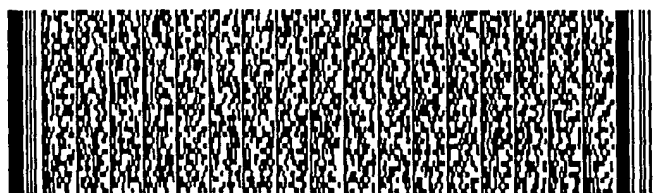
#### 五、發明說明 (4)

銜層之晶格常數盡可能與基底之晶格常數匹配，晶格常數可遞增或遞減，以匹配第二多層緩銜層的晶格常數，使靠近第二多層緩銜層的第一多層緩銜層之晶格常數與第二多層緩銜層之晶格常數匹配。本發明之特徵之二在於利用第二多層緩銜層設置於第一多層緩銜層與第一型束縛層之間，且第二多層緩銜層之晶格常數呈現梯度化，靠近第一多層緩銜層的第二多層緩銜層之晶格常數與第一多層緩銜層之晶格常數匹配，晶格常數可遞增或遞減，以匹配第一型束縛層的晶格常數，使靠近第一型束縛層的第二多層緩銜層之晶格常數與第一型束縛層之晶格常數匹配。

為獲致上述之目的，本發明提出一種高晶格匹配性之發光元件，主要係包括：

一基底，具有第一晶格常數；一第一多層緩銜層，設置於上述基底上，其中上述第一多層緩銜層之晶格常數呈現梯度變化，由上述第一多層緩銜層底部所具有之上述第一晶格常數逐漸變化為匹配上述第一多層緩銜層上所具有之一第二晶格常數；一第二多層緩銜層，設置於上述第一多層緩銜層上，其中上述第二多層緩銜層之晶格常數呈現梯度變化，由上述第二多層緩銜層底部所具有之上述第二晶格常數逐漸變化為匹配上述第二多層緩銜層上所具有之一第三晶格常數；一第一型束縛層，設置於上述第二多層緩銜層上，具有第三晶格常數；以及一活性層，設置於上述第一型束縛層上。

根據本發明，上述基底例如為矽(Si)，上述第一多層



#### 五、發明說明 (5)

緩衝層例如為 $B_xGa_{(1-x)}P$ ，上述第二多層緩衝層例如為 $In_xGa_{1-x}N$ ，並且上述第一型束縛層例如為氮化鎵(GaN)系化合物。如此，上述第一晶格常數大體為 $5.431 \text{ \AA}$ 、上述第二晶格常數大體為 $4.538 \text{ \AA}$ 以及上述第三晶格常數大體為 $4.51 \text{ \AA}$ 。

根據本發明，上述基底例如為碳化矽(3C-SiC)，上述第一多層緩衝層例如為 $B_xGa_{(1-x)}P$ ，上述第二多層緩衝層例如為 $In_xGa_{1-x}N$ ，並且上述第一型束縛層例如為氮化鎵(GaN)系化合物。如此，上述第一晶格常數大體為 $4.32 \text{ \AA}$ 、上述第二晶格常數大體為 $4.538 \text{ \AA}$ 以及上述第三晶格常數大體為 $4.51 \text{ \AA}$ 。

根據本發明，上述基底例如為磷化鎵(GaP)，上述第一多層緩衝層例如為 $B_xGa_{(1-x)}P$ ，上述第二多層緩衝層例如為 $In_xGa_{1-x}N$ ，並且上述第一型束縛層例如為氮化鎵(GaN)系化合物。如此，上述第一晶格常數大體為 $5.45 \text{ \AA}$ 、上述第二晶格常數大體為 $4.538 \text{ \AA}$ 以及上述第三晶格常數大體為 $4.51 \text{ \AA}$ 。

根據本發明，上述緩衝層更可以一種以上材質組合成，上述基底例如為砷化鎵(GaAs)、上述第一多層緩衝層例如為 $GaAs_xP_{1-x}$ 與 $B_xGa_{(1-x)}P$ 之堆疊層、上述第二多層緩衝層例如為 $In_xGa_{1-x}N$ ，並且上述第一型束縛層例如為氮化鎵(GaN)系化合物。如此，上述第一晶格常數大體為 $5.653 \text{ \AA}$ 、上述第二晶格常數大體為 $4.538 \text{ \AA}$ 以及上述第三晶格常數大體為 $4.51 \text{ \AA}$ 。上述 $GaAs_xP_{1-x}$ 與上述 $B_xGa_{(1-x)}P$ 接觸的部



## 五、發明說明 (6)

分具有匹配之晶格常數，亦即上述 $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$ 上與 $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$ 底部具有一第四晶格常數大體為 $5.45 \text{ \AA}$ 。

為使本發明之上述目的、特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下：

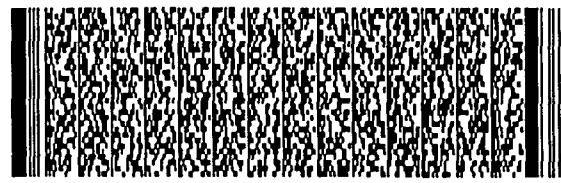
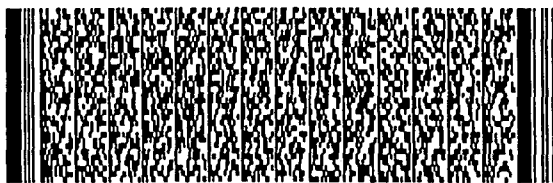
### 【實施方式】

以下請配合參照第2圖與第3圖之發光元件剖面圖，以詳細說明本發明。

首先請參照第2圖，本發明之發光元件，至少包括：一基底200、一設置於基底200上之第一多層緩衝層202、一設置於第一多層緩衝層202上之第二多層緩衝層204、一設置於第二多層緩衝層204上之第一型束縛層206以及一設置於第一型束縛層206上之活性層208。其中，第一多層緩衝層202可以單一組成依據不同組成比例調整所構成，如第2圖所示，第一多層緩衝層202更可以一種以上組成如第3圖所示之302及304，各組成可依據不同組成比例調整，以構成多種組成之第一多層緩衝層202。

為再清楚描述本發明所揭露之技術，以下先以本發明實施例中具單一組成之第一多層緩衝層202的發光元件(第2圖)為例，說明元件之各層特性。

基底200具有一第一晶格常數(C1)。第一多層緩衝層202之晶格常數呈現梯度(grading)變化，由第一多層緩衝層202底部所具有之第一晶格常數(C1)逐漸變化為第一多層緩衝層202表面所具有之一第二晶格常數(C2)。換句話



##### 五、發明說明 (7)

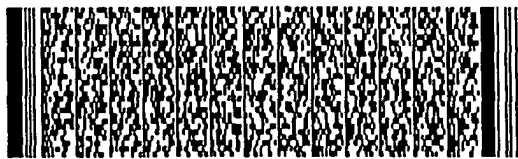
說，靠近基底200的第一多層緩衝層202之晶格常數與基底200之晶格常數匹配，晶格常數可遞增或遞減，以趨近第二緩衝層204的晶格常數，使靠近第二緩衝層204的第一多層緩衝層202之晶格常數與第二緩衝層204之晶格常數匹配。簡言之，第一多層緩衝層202之晶格常數係由第一晶格常數(C1)逐漸改變至第二晶格常數(C2)。其中，第一多層緩衝層202之晶格常數的梯度變化例如可藉由調整多重緩衝層之組成比例以達成。

另外，第二多層緩衝層204之晶格常數呈現梯度變化，由第二多層緩衝層204底部所具有之第二晶格常數(C2)逐漸變化為匹配第二多層緩衝層204表面所具有之一第三晶格常數(C3)。換句話說，靠近第一多層緩衝層202的第二多層緩衝層204之晶格常數與第一多層緩衝層202之晶格常數匹配，晶格常數可遞增或遞減，以趨近第一型束縛層206的晶格常數，使靠近第一型束縛層206的第二多層緩衝層204之晶格常數與第一型束縛層206之晶格常數匹配。簡言之，第二多層緩衝層204之晶格常數係由第二晶格常數(C2)逐漸改變至第三晶格常數(C3)。其中，第二多層緩衝層104之晶格常數的梯度變化例如可藉由調整多重緩衝層之組成比例以達成。

再者，第一型束縛層206具有第三晶格常數(C3)。

以下再配合參照第2圖與第3圖，舉例說明適用於本發明之各層材質組合。

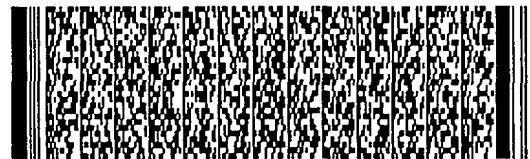
例1: 如第2圖所示，基底200可為矽(Si)，第一多層緩



## 五、發明說明 (8)

銜層202可為 $B_xGa_{(1-x)}P$ ，第二多層緩銜層204可為 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ ，並且第一型束縛層206可為氮化鎵(GaN)系化合物。如此，第一晶格常數(C1)大體為 $5.431 \text{ \AA}$ 、第二晶格常數(C2)大體為 $4.538 \text{ \AA}$ 以及第三晶格常數(C3)大體為 $4.51 \text{ \AA}$ 。也就是說，基底200具有晶格常數(C1) $5.431 \text{ \AA}$ ，堆疊於基底200上方之第一多層緩銜層202的晶格常數由底層具(C1) $5.431 \text{ \AA}$ 逐漸梯度變化成表層具(C2) $4.538 \text{ \AA}$ 。接著，堆疊於第一多層緩銜層202上方之第二多層緩銜層204的晶格常數由底層具(C2) $4.538 \text{ \AA}$ 逐漸梯度變化成表層具(C3) $4.51 \text{ \AA}$ 。最後，堆疊於第二多層緩銜層204上方之第一型束縛層206的晶格常數係為(C3) $4.51 \text{ \AA}$ 。其中， $B_xGa_{(1-x)}P$ 之 $x$ 約為 $0.021 \sim 1$ ， $In_xGa_{1-x}N$ 之 $x$ 約為 $0 \sim 0.059$ 。

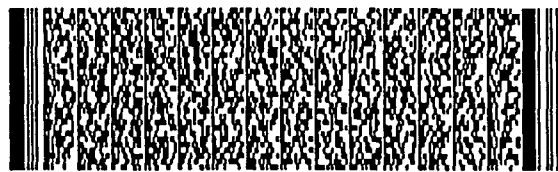
例2：如第2圖所示，基底200可為碳化矽(3C-SiC)，第一多層緩銜層202可為 $B_xGa_{(1-x)}P(x=1)$ ，第二多層緩銜層204可為 $In_xGa_{1-x}N$ ，並且第一型束縛層206可為氮化鎵(GaN)系化合物。如此，第一晶格常數(C1)及第二晶格常數(C2)為 $4.538 \text{ \AA}$ 、第三晶格常數(C3)大體為 $4.51 \text{ \AA}$ 。也就是說，基底200具有晶格常數(C1) $4.32 \text{ \AA}$ ，堆疊於基底200上方之第一多層緩銜層202的晶格常數(C1)及(C2)維持在 $4.538 \text{ \AA}$ 。接著，堆疊於第一多層緩銜層202上方之第二多層緩銜層204的晶格常數由底層具(C2) $4.538 \text{ \AA}$ 逐漸梯度變化成表層具(C3) $4.51 \text{ \AA}$ 。最後，堆疊於第二多層緩銜層204上方之第一型束縛層206的晶格常數係為(C3) $4.51 \text{ \AA}$ 。其中 $In_xGa_{1-x}N$ 之 $X$ 約為 $0 \sim 0.59$ 。



## 五、發明說明 (9)

例3：如第2圖所示，基底200例如為磷化鎵(GaP)，第一多層緩衝層202例如為 $B_xGa_{(1-x)}P$ ，第二多層緩衝層204例如為 $In_xGa_{1-x}N$ ，並且第一型束縛層206例如為氮化鎵(GaN)系化合物。如此，第一晶格常數(C1)大體為 $5.45 \text{ \AA}$ 、第二晶格常數(C2)大體為 $4.538 \text{ \AA}$ 以及第三晶格常數(C3)大體為 $4.51 \text{ \AA}$ 。也就是說，基底100具有晶格常數(C1)  $5.45 \text{ \AA}$ ，堆疊於基底200上方之第一多層緩衝層202的晶格常數由底層具(C1)  $5.45 \text{ \AA}$ 逐漸梯度變化成表層具(C2)  $4.538 \text{ \AA}$ 。接著，堆疊於第一多層緩衝層202上方之第二多層緩衝層204的晶格常數由底層具(C2)  $4.538 \text{ \AA}$ 逐漸梯度變化成表層具(C3)  $4.51 \text{ \AA}$ 。最後，堆疊於第二多層緩衝層204上方之第一型束縛層206的晶格常數係為(C3)  $4.51 \text{ \AA}$ 。其中， $B_xGa_{(1-x)}P$ 之x約為0~1。

例4：如第3圖所示，根據本發明具多種組成之第一多層緩衝層302、304的發光元件，基底300例如為砷化鎵(GaAs)、第一多層緩衝層302、304例如為 $GaAs_yP_{1-y}$ 與 $B_xGa_{(1-x)}P$ 兩種不同比例組成之堆疊層、第二多層緩衝層306例如為 $In_zGa_{1-z}N$ ，並且第一型束縛層308例如為氮化鎵(GaN)系化合物。如此，第一晶格常數(C1)大體為 $5.653 \text{ \AA}$ 、第二晶格常數(C2)大體為 $4.538 \text{ \AA}$ 以及第三晶格常數(C3)大體為 $4.51 \text{ \AA}$ 。 $GaAs_{(1-y)}P_y$ 與 $B_xGa_{(1-x)}P$ 接觸的部分具有略為相近之晶格常數，亦即 $GaAs_yP_{1-y}$ 表面與 $B_xGa_{(1-x)}P$ 底部具有一第四晶格常數(C4)大體為 $5.45 \text{ \AA}$ 。也就是說，基底300具有晶格常數(C1)  $5.653 \text{ \AA}$ ，堆疊於基底300上方之



##### 五、發明說明 (10)

$\text{GaAs}_y\text{P}_{1-y}$  第一多層緩衝層302的晶格常數由底層具(C1) 5.653 Å 逐漸梯度變化成表層具(C4)5.45 Å。堆疊於  $\text{GaAs}_y\text{P}_{1-y}$  第一多層緩衝層302上方之  $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$  第一多層緩衝層304的晶格常數由底層具(C4)5.45 Å 逐漸梯度變化成表層具(C2)4.538 Å。接著，堆疊於  $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$  第一多層緩衝層304方之第二多層緩衝層306的晶格常數由底層具(C2) 4.538 Å 逐漸梯度變化成表層具(C3)4.51 Å。最後，堆疊於第二多層緩衝層  $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  306上方之第一型束縛層308的晶格常數係為(C3)4.51 Å。其中， $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$  之x約為0~1， $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  之Z約為0.059~0， $\text{GaAs}_y\text{P}_{1-y}$  之y約為1~0。

以下說明形成  $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$  第一多層緩衝層202、302之一較佳實施例。首先，基底200可先以適當溶液化學清洗，接著在  $\text{H}_2$  氣氛下，將基底200加熱至適當溫度，例如 900~1180°C，較佳為1030°C，利用鹵化物氣相磊晶法 (halide vapor phase epitaxy)，以  $\text{H}_2$  作為承載氣體 (carrier gas)，氯化硼 ( $\text{BCl}_3$ )、三甲基鎵 (trimethyl gallium; TMG) 與氯化磷 ( $\text{PCl}_3$ ) 或是氯化硼 ( $\text{BCl}_3$ )、三甲基鎵 (trimethyl gallium; TMG) 與磷化氫 ( $\text{PH}_3$ ) 作為前驅物。於溫度約1000°C 上下進行高溫磷化硼層磊晶，反應約60分鐘，其厚度約為4560nm。藉由改變各前驅物之含量比例，以形成不同組成比例之多層堆疊層  $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$ ，使晶格常數呈現梯度變化。此方法所形成之  $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$  第一多層緩衝層202、304係為高溫  $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$  緩衝層。然而，本發明亦可於該高溫  $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$  緩衝層202、304與基底200之間設置一





## 五、發明說明 (11)

低溫BP緩衝層，該低溫BP緩衝層係於溫度約 $300^{\circ}\text{C}$ 之下(較佳為 $380^{\circ}\text{C}$ )形成。

再者，第二多層緩衝層204、306則可由 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 所構成。例如利用MOVCD法，例如以三甲基鋁(trimethyl aluminum; TMAI)、三甲基銦(trimethyl indium; TMIn)、三甲基鎵(trimethyl gallium; TMG)以及 $\text{NH}_3$ 為前驅物而形成，藉由改變各前驅物之含量比例，以形成不同組成比例之多層堆疊層 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 。底層第二多層緩衝層之組成中Z約為0.059，則其晶格常數(C2)約為 $4.538 \text{ \AA}$ ；表層第二多層緩衝層之組成中Z約為0，則其晶格常數(C2)約為 $4.51 \text{ \AA}$ 。

以下說明形成氮化鎵系(GaN based)第一型束縛層206、308之一較佳實施例。形成氮化鎵(GaN)系化合物之前驅物可包括一甲基聯胺(monomethyl hydrazine; MMH)與三甲基鎵(trimethyl gallium; TMG)，利用MOCVD法在第二多層緩衝層204、306表面形成氮化鎵系化合物以做為第一型束縛層206、308。首先，供應一 $\text{H}_2$ 與一 $\text{N}_2$ 氣體，溫度例如約為 $350\sim 500^{\circ}\text{C}$ 下，開始供應MMH。再經過一段時間，例如：3分鐘後，開始進行第一次TMG供應，時間約為20分鐘。接著，停止TMG供應，經過一段時間，例如：5分鐘，將反應室溫度升高至溫度約為 $800^{\circ}\text{C}$ 上下。期間保持MMH供應。接著，於相同溫度(約 $800^{\circ}\text{C}$ )上下進行第二次TMG供應，時間約為60分鐘。期間保持MMH供應。最後，先停止MMH與TMG之供應，於相同溫度(約 $800^{\circ}\text{C}$ )上下保持一段時間，



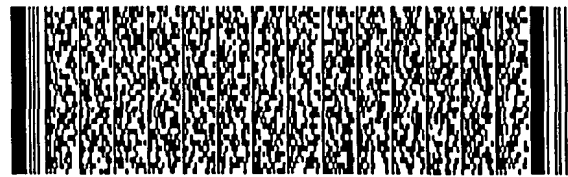
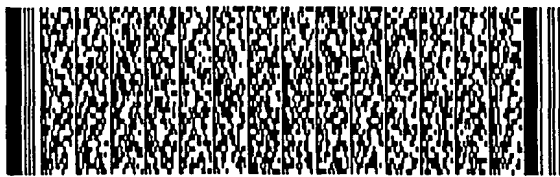
##### 五、發明說明 (12)

例如:30分鐘。再將溫度降至室溫，才完成Ga<sub>1-y</sub>N磊晶。Ga<sub>1-y</sub>N磊晶期間持續供應H<sub>2</sub>與N<sub>2</sub>氣體。

另外，活性層208、310亦可由氮化鎵系化合物所構成，例如:In<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N，可例如利用MOVPE法，例如以三甲基鋁(trimethyl aluminum; TMAI)、三甲基銦(trimethyl indium; TMIIn)、三甲基鎵(trimethyl gallium; TMG)以及NH<sub>3</sub>為前驅物而形成，較佳者可藉由改變各前驅物之含量比例，以形成不同組成比例之多層堆疊層In<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N，使底層活性層之組成中y約為0，則其晶格常數約為4.51 Å，使底層活性層與第一型束縛層206、308具有相同之晶格常數(C3)。

本發明之發光元件更包括：一設置於活性層208、310表面之一第二型束縛層210、312，一設置於基底200、300另一側表面之一第一型電極214、316，以及一設置於第二型束縛層210、312表面之一第二型電極212、314。第二型束縛層210、312亦可為氮化鎵系化合物。第一型電極214、316具有與基底200、300相同導電型態；以及一第二型電極212、314具有與第二型束縛層210、312相同導電型態。

第二型束縛層210、312與基底200、300可例如以鎂(Mg)摻雜成p型導電型態，或者例如以硫(S)摻雜成n型導電型態。若第二型束縛層210、312係為p型導電型態，則第二型電極212、314則為p型導電型態，且基底200、300為n型導電型態，第一型電極214、316為n型導電型態；反



#### 五、發明說明 (13)

之，若第二型束縛層210、312係為n型導電型態，則第二型電極212、314則為n型導電型態，且基底200、300為p型導電型態，第一型電極214、316為n型導電型態。

如前所述，本發明之發光元件更可於第二型束縛層210、312之部分位置施以一離子佈值(ion implantation)，以造成電流侷限(current confinement)，使電流注入面積縮小。另外，也可直接於第二型束縛層210、312的表層形成氧化物，例如：氧化鋁，僅保留部分位置做為透光區，如此可同時侷限光與電流，以提升元件之外部發光效率。

另外，如前所述，本發明之發光元件更可以視需求而定增設一多層反射層(未圖示)於第二多層緩衝層204、306與第一型束縛層206、308之間。多層反射層可利用MOCVD法，形成由氮化鎵/氮化鎵鋁( $\text{GaN}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ )的多層超晶格(super lattice)，其中 $0.1 < x < 0.5$ ，每單一層之厚度約為800~1600 Å，以一 $\text{GaN}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 為一對(pair)，重複堆疊約30~50對，以造成布拉格反射鏡面(distributed Bragg reflector; DBR)，可提高元件發光效率，且其反射率約為95~99.99%，較佳者99.99%。

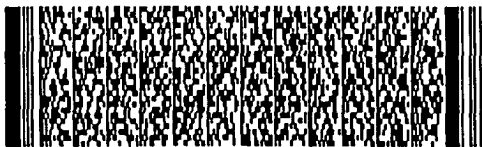
#### 發明優點：

根據本發明之發光元件，藉由組成比例的改變造成晶格常數梯度變化，可降低晶格不匹配(lattice mismatch)，使磊晶層具有完美晶體結構，可提升元件發光效率與使用壽命。



#### 五、發明說明 (14)

本發明雖以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明的範圍，任何熟習此項技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可做各種的更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。



## 圖式簡單說明

第1圖係顯示根據習知具有緩衝層之發光元件。

第2圖係顯示根據本發明之發光元件之一較佳實施例的發光元件剖面圖。

第3圖係顯示根據本發明之發光元件之另一較佳實施例的發光元件剖面圖。

### 【符號說明】

10~發光元件；  
100、200、300~基板；  
102~緩衝層；  
202、302、304~第一多層緩衝層；  
104~第一型GaN磊晶層；  
106~第一型束縛層；  
204、306~第二多層緩衝層；  
108、206、308~第一型束縛層；  
110、208、310~活性層；  
112~第二型GaN磊晶層；  
210、312~第二型束縛層；  
114、212、314~第二型電極；  
116、214、316~第一型電極；  
C1~第一晶格常數；  
C2~第二晶格常數；  
C3~第三晶格常數；  
C4~第四晶格常數。



## 六、申請專利範圍

1. 一種高晶格匹配性之發光元件，包括：

一基底，具有第一晶格常數；

一第一多層緩衝層，設置於上述基底上，其中上述第一多層緩衝層之晶格常數依據上述第一晶格常數呈現梯度變化為一第二晶格常數；

一第二多層緩衝層，設置於上述第一多層緩衝層上，其中上述第二多層緩衝層之晶格常數依據上述第二晶格常數呈現梯度變化一第三晶格常數；以及

一氮化鎵系磊晶層，設置於上述第二多層緩衝層之上。

2. 如申請專利範圍第1項之高晶格匹配性之發光元件，其中上述基底為一矽基底(Si)；

上述第一多層緩衝層為 $B_xGa_{(1-x)}P$ 化合物( $0.02 \leq x \leq 1$ )；以及

上述第二多層緩衝層為 $In_yGa_{1-y}N$ 化合物( $0 \leq y \leq 0.059$ )。

3. 如申請專利範圍第1項之高晶格匹配性之發光元件，其中上述基底為碳化矽(3C-SiC)；

上述第一多層緩衝層為 $B_xGa_{(1-x)}P$ ( $x=1$ )化合物；以及

上述第二多層緩衝層為 $In_yGa_{1-y}N$ 化合物( $0 \leq y \leq 0.059$ )。

4. 如申請專利範圍第1項之高晶格匹配性之發光元件，其中上述基底為磷化鎵(GaP)；

上述第一多層緩衝層為 $B_xGa_{(1-x)}P$ 化合物( $0 \leq x \leq 1$ )；



## 六、申請專利範圍

以及

上述第二多層緩衝層為 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 化合物( $0 \leq y \leq 0.059$ )。

5. 如申請專利範圍第1項之高晶格匹配性之發光元件，其中上述基底為砷化鎵( $\text{GaAs}$ )；

上述第一多層緩衝層包括 $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$ 與 $(\text{B}_y\text{Ga}_{1-y})\text{P}$ 化合物( $0 \leq x \leq 1; 0 \leq y \leq 1$ )；以及上述第二多層緩衝層為 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ( $0 \leq z \leq 0.059$ )。

6. 一種高晶格匹配性之發光元件，包括：

一矽( $\text{Si}$ )基底，具有第一晶格常數；

一 $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$ 化合物緩衝層，設置於上述基底上，其中上述 $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$ 化合物緩衝層之晶格常數依據上述第一晶格常數呈現梯度變化為一第二晶格常數；

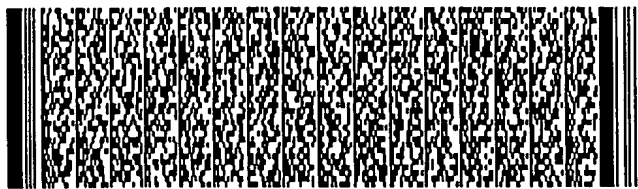
一 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 化合物緩衝層，設置於上述 $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$ 化合物緩衝層上，其中上述 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 化合物緩衝層之晶格常數依據上述第二晶格常數呈現梯度變化一第三晶格常數；以及

一氮化鎵系磊晶層，設置於上述 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 化合物緩衝層之上。

7. 一種高晶格匹配性之發光元件，包括：

一碳化矽( $3\text{C-SiC}$ )基底，具有第一晶格常數；

一 $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$ 化合物緩衝層，設置於上述基底上，其中上述 $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$ 化合物緩衝層之晶格常數依據上述第一晶格常數呈現梯度變化為一第二晶格常數；



## 六、申請專利範圍

一  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  化合物緩衝層，設置於上述  $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$  化合物緩衝層上，其中上述  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  化合物緩衝層之晶格常數依據上述第二晶格常數呈現梯度變化一第三晶格常數；以及

一 氮化鎵系磊晶層，設置於上述  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  化合物緩衝層之上。

8. 一種高晶格匹配性之發光元件，包括：

一 砷化鎵 ( $\text{GaAs}$ ) 基底，具有第一晶格常數；

一  $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$  化合物緩衝層，設置於上述基底上，其中上述  $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$  化合物緩衝層之晶格常數依據上述第一晶格常數呈現梯度變化為一第二晶格常數；

一  $\text{B}_y\text{Ga}_{(1-y)}\text{P}$  化合物緩衝層，設置於上述  $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$  上，其中上述  $\text{B}_y\text{Ga}_{(1-y)}\text{P}$  化合物緩衝層之晶格常數依據上述第二晶格常數呈現梯度變化為一第三晶格常數；

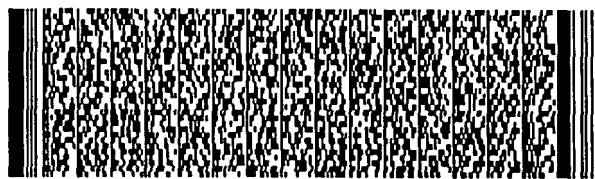
一  $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  化合物緩衝層，設置於上述  $\text{B}_y\text{Ga}_{(1-y)}\text{P}$  化合物緩衝層上，其中上述  $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  化合物緩衝層之晶格常數依據上述第三晶格常數呈現梯度變化一第四晶格常數；以及

一 氮化鎵系磊晶層，設置於上述  $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$  化合物緩衝層上。

9. 一種高晶格匹配性之發光元件，包括：

一 磷化鎵 ( $\text{GaP}$ ) 基底，具有第一晶格常數；

一  $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$  化合物緩衝層，設置於上述基底上，其中上述  $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$  化合物緩衝層之晶格常數依據上述第一晶格



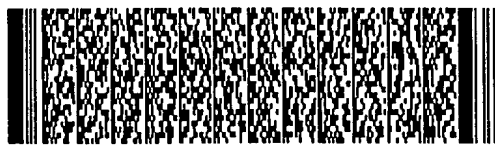


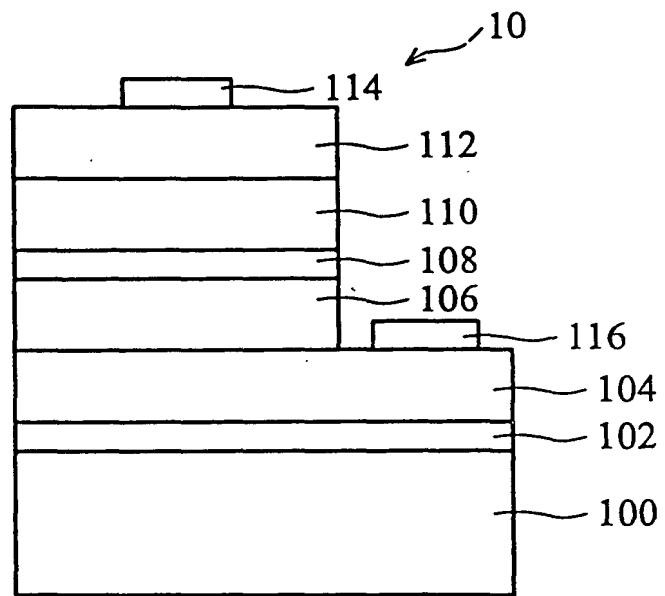
六、申請專利範圍

常數呈現梯度變化為一第二晶格常數；

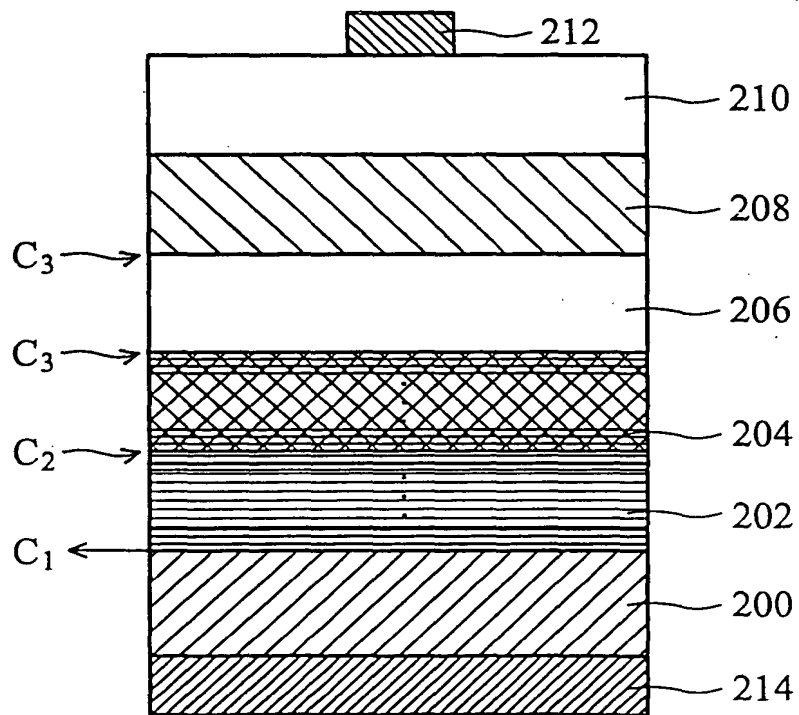
一  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  化合物緩衝層，設置於上述  $\text{B}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{P}$  化合物緩衝層上，其中上述  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  化合物緩衝層之晶格常數依據上述第二晶格常數呈現梯度變化一第三晶格常數；以及

一氮化鎵系磊晶層，設置於上述  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  化合物緩衝層之上。

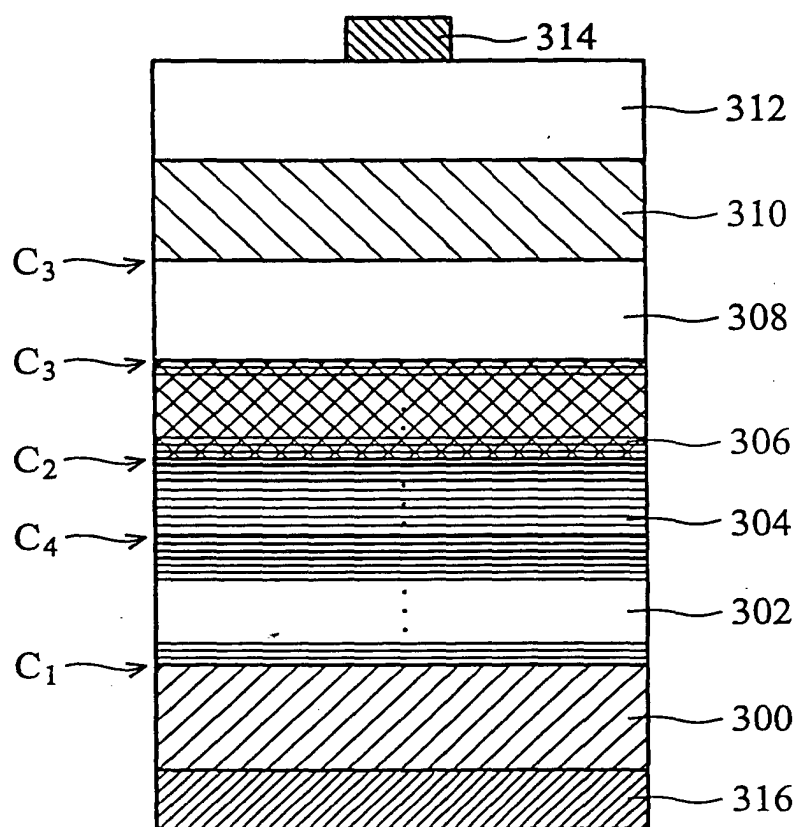




第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖

第 1/23 頁



第 2/23 頁



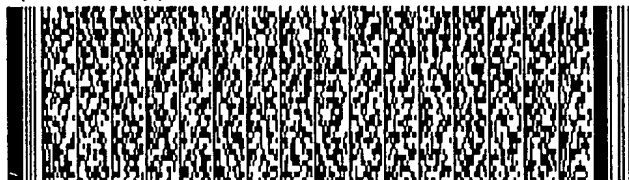
第 3/23 頁



第 5/23 頁



第 5/23 頁



第 6/23 頁



第 6/23 頁



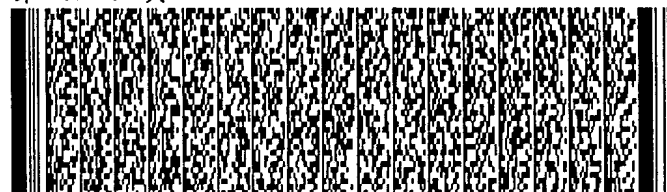
第 7/23 頁



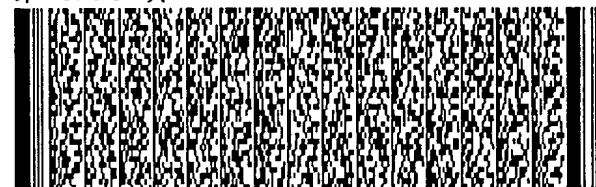
第 7/23 頁



第 8/23 頁



第 9/23 頁



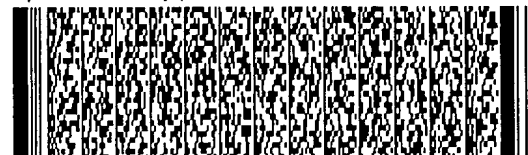
第 10/23 頁



第 10/23 頁



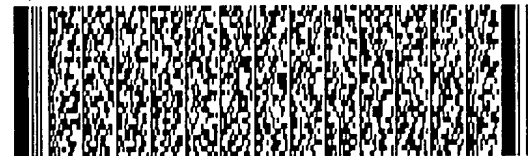
第 11/23 頁



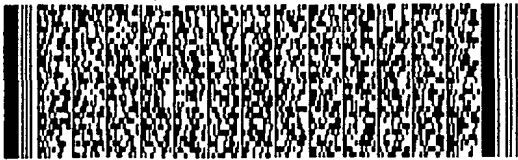
第 11/23 頁



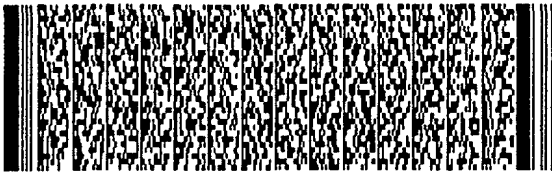
第 12/23 頁



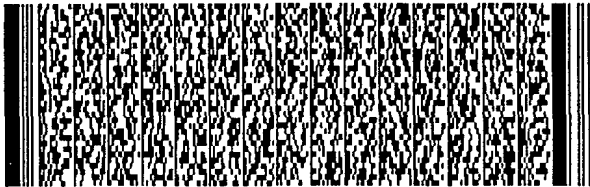
第 12/23 頁



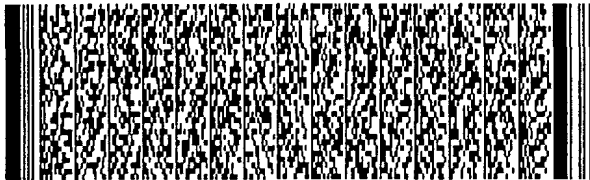
第 13/23 頁



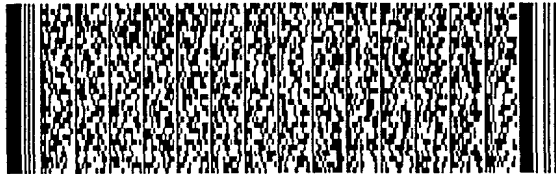
第 14/23 頁



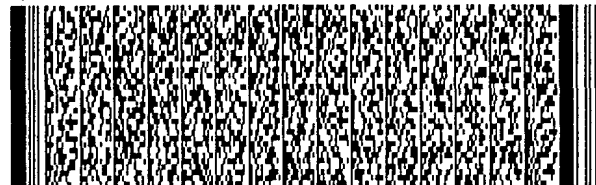
第 15/23 頁



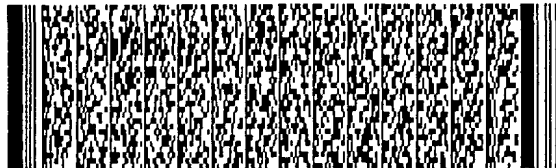
第 16/23 頁



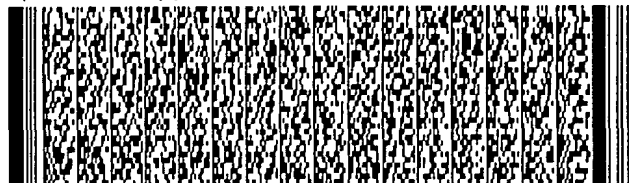
第 17/23 頁



第 19/23 頁



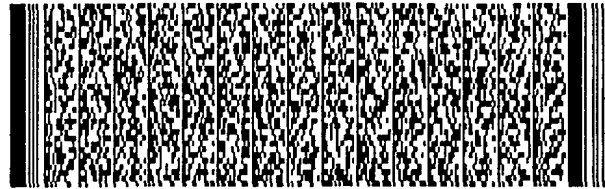
第 21/23 頁



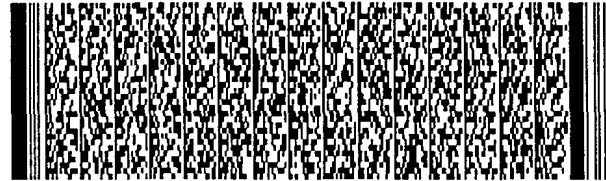
第 13/23 頁



第 14/23 頁



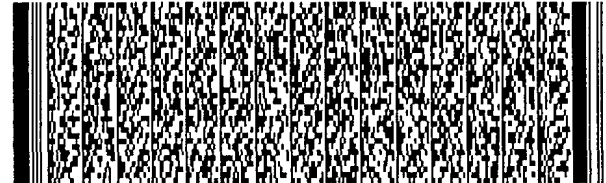
第 15/23 頁



第 16/23 頁



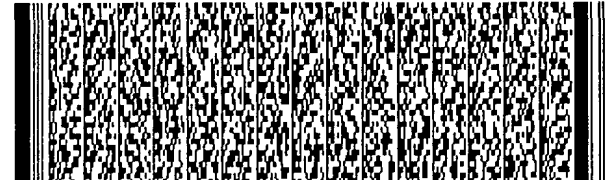
第 17/23 頁



第 18/23 頁



第 20/23 頁



第 22/23 頁

